©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen	Sonderband 2 Festschrift O. M. FRIEDRICH	153—159	Leoben 1974

Zur Bestimmung der Brechzahl nicht- oder schwach absorbierender Medien aus dem Reflexionsvermögen

Von Sigmund KORITNIG (Göttingen)

Für diagnostische Zwecke wird sehr häufig zur Bestimmung der Brechzahl die Immersionsmethode verwendet. Solange bei der Immersionsmethode die Brechzahl der Substanz nicht größer als die von Dijodmethylen (n_D = 1,74) ist, geht dies sehr einfach, weil es dazu genügend gute Einbettungsmittel gibt. Höher lichtbrechende Immersionsmittel sind meist weniger gut haltbar oder äußerst giftig. Noch unbequemer wird es, wenn man über etwa 1,85 gehen muß, wofür dann nur glasig-amorph erstarrende Schmelzen zur Verfügung stehen.

Wo heute Erzmikroskopie betrieben wird, steht sehr häufig auch ein modernes Mikroskop-Photometer zur Messung des Reflexionsvermögens der Erze zur Verfügung. Die Beziehungen zwischen dem Reflexionsvermögen und der Brechzahl sind schon seit dem vorigen Jahrhundert bekannt. Es liegt daher nahe, das Reflexionsphotometer auch zur Bestimmung der Brechzahl für nicht absorbierende Medien, insbesondere wenn diese über 1,74 liegt, heranzuziehen. Eine solche Messung wäre sehr viel bequemer. Für die Erzmikroskopie hat MEIXNER (1952) schon Kurven für die Konversion des Reflexionsvermögens in Brechzahlen für nicht absorbierende Minerale gegeben. Sie sollten zur Abschätzung der Brechzahlen von Gangartmineralen in Erzanschliffen dienen und deren Bestimmung erleichtern.

Wieweit die praktische Bestimmung der Brechzahl über das Reflexionsvermögen zweckmäßig ist und mit welcher Genauigkeit man dabei zu rechnen hat, soll an einigen Überlegungen und Testbestimmungen diskutiert werden.

Als erstes sollen die Wirkungen einiger theoretisch erfaßbarer Aspekte betrachtet werden. Diese sind 1) die Relation zwischen dem Reflexionsvermögen (RV) und der Brechzahl bei der Konversion, 2) die Meßgenauigkeit mit heutigen Geräten bei Messung des RV und 3) der Einfluß einer vorhandenen Absorption, soweit diese aber noch nicht zu den starkabsorbierenden Medien gezählt wird. Anschließend soll auch die Vorbehandlung der Schliffe berücksichtigt werden.

Die Substanzen, bei denen für unsere Zwecke die Bestimmung der Brechzahl über das RV interessant ist, gehören zu den nicht- oder nur sehr schwach

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
absorbierenden Medien. Da alle Reflexionsmessungen nur in Luft ausgeführt zu werden brauchen, gilt die von FRESNEL aufgestellte bekannte Formel:

$$R = \frac{(n - 1)^2}{(n + 1)^2} \tag{1}$$

wobei R das Reflexionsvermögen und n die Brechzahl des Minerals bedeuten. Die Brechzahl errechnet sich daraus zu

$$n = \frac{1 + \sqrt{R}}{1 - \sqrt{R}} \tag{2}$$

Bei dieser Formel ist zu beachten, daß das üblicherweise in Prozent gemessene RV beim Einsetzen in die Formel (2) vorher durch 100 zu teilen ist!

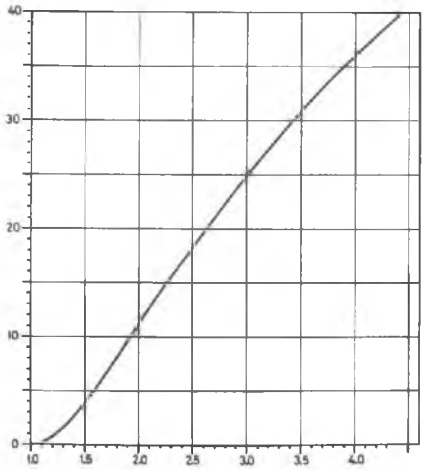

Abb. 1. Beziehung zwischen dem Reflexionsvermögen (%) in Luft (Ordinate) und der Brechzahl (Abszisse) für nichtabsorbierende Stoffe

In Abb. 1 sind die Beziehungen zwischen dem RV % in Luft und dem n für nicht absorbierende Medien dargestellt. Betrachten wir die Kurve, so sehen wir, daß sie im mittleren Bereich — etwa zwischen n = 1,6 und n = 3,0 (der hauptsächlichst für uns in Frage kommt) — nur wenig vom linearen Verlauf abweicht. Der Einfluß bei Änderung im RV ist also innerhalb dieses Bereiches etwa gleich. Ändert sich das RV % z. B. um eine Einheit in der zweiten Dezimale (etwa entsprechend der maximalen Ablesegenauigkeit heutiger Geräte), so entspricht dies einer Änderung bei der Brechzahl um knapp eine Einheit

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

in der 3. Dezimale. Für die Konversion des RV in die Brechzahl ist das Diagramm der Abb. 1 zu ungenau. Man rechnet sie besser mit Formel (2) aus oder konstruiert mit den Daten der Tab. 1 ein genaueres Diagramm.

Tabelle 1
Zahlenwerte zur Kurve in Abb. 1: Konversion vom R % in Luft in die Brechzahl

n	R % in Luft
1,000	0,00
1,100	0,23
1,200	0,83
1,300	1,70
1,400	2,78
1,500	4,00
1,600	5,33
1,700	6,72
1,800	8,16
2,000	11,11
2,250	14,79
2,500	18,37
2,750	21,78
3,000	25,00
3,500	30,86
4,000	36,00
4,500	40,50

Die vorhin genannte Ablesegenauigkeit (1 Einheit der 2. Dezimale im RV %) ist jedoch viel mehr, als die wirklich erreichbare Genauigkeit, in bezug auf den absoluten Wert, ist. Was die Reproduzierbarkeit angeht, so sind Genauigkeiten von etwa ±1 % nicht allzu schwierig zu erreichen, wie z. B. DEMIRSOY (1967) an Messungen an einem Pyrit gezeigt hat. In bezug auf die absoluten Werte rechnen PILLER u. von GEHLEN (1964) mit einer Genauigkeit bei stark absorbierenden Medien (Erze) von etwa ±1—5 Relativprozent, die bei günstigen Fällen (hohes RV) bis auf ½ % abnehmen, bei niedrigem RV aber bis auf 10 Rel.-% ansteigen kann. Eine gute Genauigkeit, die manchesmal erreicht werden kann, wäre etwa ±1 %. Auch FRIEDRICH u. HADITSCH (1970) haben Untersuchungen über die Genauigkeit von Reflexionsmessungen ausgeführt und an anschaulichen Diagrammen den Schwankungsbereich solcher Messungen deutlich gemacht.

Die Größe des Einflusses eines solchen Fehlers zwischen ±0,5—3 Rel.-% im RV auf die Brechzahl ist in Abb. 2 dargestellt und kann dort abgelesen werden.

Als dritten, theoretisch erfaßbaren Aspekt haben wir den Einfluß eines eventuellen Absorptionsvermögens bei schwachabsorbierenden Medien zu betrach-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

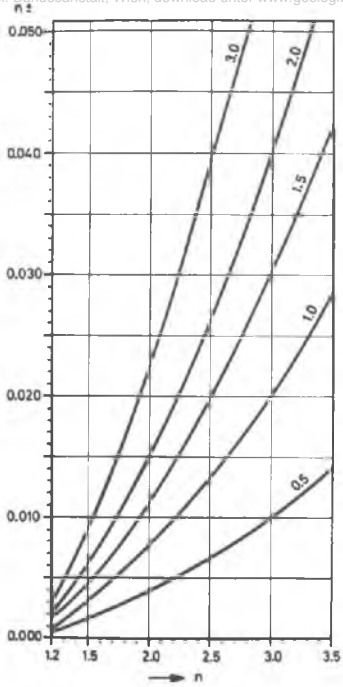

Abb. 2. Enstehende ± Fehler (Ordinate) bei der Brechzahl n bei ± Fehlern von 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 Relativprozent (Kurven) bei gegebenem n (Abszisse)

ten. Die Beziehung zwischen dem RV und der Brechzahl n bei zu berücksichtigender Absorption ist in der von BEER aufgestellten Formel

$$R = \frac{(n - 1)^2 + k^2}{(n + 1)^2 + k^2} \tag{3}$$

wiedergegeben, wobei k den Absorptionskoeffizient ($= \varkappa n$) darstellt*).

Berechnen wir mit Formel (3) das RV mit steigendem Absorptionskoeffizient k für verschiedene n und tragen als Ordinate die Differenz zwischen dem berechneten RV unter Berücksichtigung von k (größere Werte) und dem RV ohne Berücksichtigung von k ein, so erhalten wir die in Abb. 3 dargestellten Kurven.

*) Eine sehr anschauliche Einführung in die physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei der Absorption findet sich bei POHL (1963).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

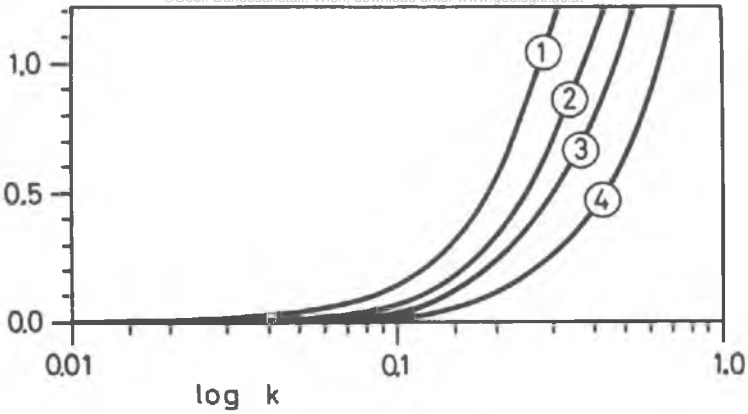

Abb. 3. Differenz des Reflexionsvermögens um % (Ordinate) mit und ohne Berücksichtigung des Absorptionskoeffizienten k für verschiedene n (Kurven 1—4). (1) für n 1,6; (2) für n 2,5; (3) für n 3,0; (4) für n 4,0

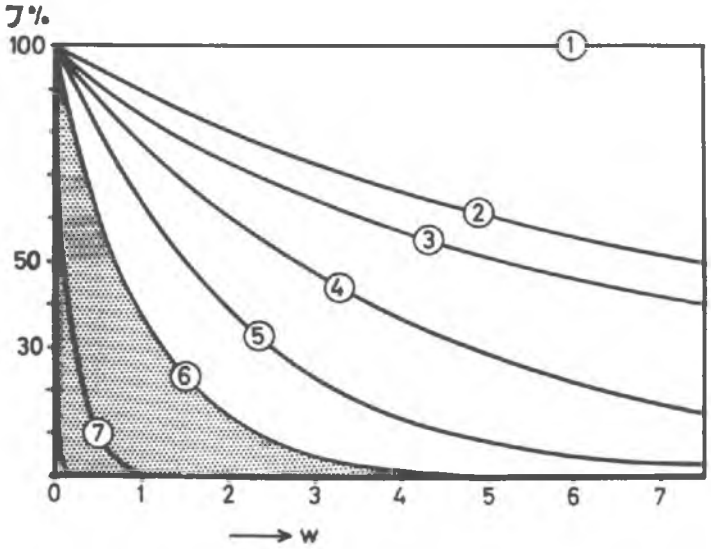

Abb. 4. Energieabnahme in verschieden stark absorbierenden Medien (Ordinate) mit der Dicke der Substanz in Wellenlängen von Na-Licht (Abszisse w) ausgedrückt. Bei stark absorbierenden Medien nimmt die Energie beim Durchgang von 1 w und weniger auf 1/e (rund 37%) ab. Kurve (6) grenzt die stark absorbierenden Medien (punktiertes Feld) von den schwach absorbierenden ab. (1) Flintglas/k 1,6 × 10^{-7}; (2) Pech/k 0,006; (3) Zinkblende/k 0,0095; (4) berechnete Substanz mit k 0,0195; (5) dito mit k 0,035; (6) Grenzlinie zwischen stark/schwach absorbierenden Medien, k 0,079; (7) Hämatit E/k 0,32; (8) ganz links im Eck, nicht mehr bezeichnet, Gold mit k 3,6

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Wir sehen daraus, daß ein Abs.-Koeff. bis zu 0,01 praktisch überhaupt keine Rolle spielt und erst ab einem k von etwa 0,03 an, je nach Brechzahl, das RV und damit die Brechzahl merkbar beeinflußt wird. Würde k in einem solchen Fall nicht berücksichtigt werden, würde ein zu großes n errechnet.

In Abb. 4 sind die Absorptionsverhältnisse für einige verschieden stark absorbierende Medien dargestellt. Alle für uns in Frage kommende Minerale mit einer für uns sehr merkbar erscheinenden Absorption (wie z. B. sehr dunkle Zinkblende, Rutil, sehr dunkler Granat usw.) haben einen Abs.-Koeff., der merklich kleiner als 0,02 ist. Eine Absorption in dieser Größenordnung braucht für unsere Brechzahlbestimmung aber praktisch nicht berücksichtigt zu werden.

Tabelle 2

Beispiele von aus dem Reflexionsvermögen schwach absorbierender Medien bestimmten Brechzahlen

Substanz		Soll Brechzahlwerte (589 nm) (LANDOLT-BÖRNSTEIN 1962)	gemessen an Spaltflächen	gemessen an Maschinenanschliffen
Fluorit		1,434	1,437	1,440; 1,438; 1,441
Steinsalz		1,544	1,545	—
Quarz	nO	1,544	—	1,543; 1,545; 1,542
	nE	1,553	—	1,554; 1,556
Gläser	A)	1,740	1,746*)	1,751
	B)	1,916	1,911*)	1,933
Zinkblende		2,368	2,369	—
Diamant		2,419	2,416	—
Rutil	nO	2,609—2,616	—	2,603
	nE	2,895—2,903	—	2,855; 2,870
Topas	nX	1,606—1,635	—	1,624
	nY	1,609—1,637	1,633; 1,632	1,632; 1,630; 1,634

*) Von Fa. ZEISS poliert.

Zum Schluß sei noch der Einfluß der Oberflächenbehandlung betrachtet. Es ist selbstverständlich, daß nur Oberflächen höchsten Politurgrades verwendet werden dürfen. Vergleicht man die auf Spaltflächen gemessenen Werte mit denen durch Maschinenschliff (Rehwald-Maschine) hergestellten Anschliffen, so findet man eine Beobachtung bestätigt, auf die auch SCHUMANN (1965) bei seinen Brechzahlbestimmungen mit Hilfe des Polarisationswinkels hingewiesen hat und die BEREK (1937) bereits erläuterte. Vergleicht man die Brechzahlen in der Tab. 2, so sieht man, daß i. allg. die Werte, die an Maschinenschliffen erhalten wurden, meist etwas höher liegen als die, die an Spaltflächen gemessen wurden. Dabei ist der Unterschied bei weicheren Substanzen i. d. Regel größer als bei härteren.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Zusammenfassung

Rein theoretisch ist die Konversion von Reflexionswerten in Brechzahlen günstig. Fehler in der 2. Dez. des RV gehen erst in die 3. Dez. der Brechzahl ein. Auch die normalerweise in Frage kommende Absorption selbst für Minerale wie dunkle Zinkblende oder auch Rutil spielt praktisch keine Rolle. Wichtig und die Messung stark beeinflussend sind jedoch die Art der Behandlung der Oberfläche und die Genauigkeit der Reflexionsmessung selbst, auf deren Grundtatsachen hier nicht eingegangen zu werden braucht.
Vergleicht man die in Tab. 2 gemachten Testbestimmungen, so sieht man, daß im allgemeinen, wenn wir von den beiden relativ weichen Gläsern absehen, die Fehler erst in der 3. Dezimale der Brechzahl auftreten und größere Fehler eher bei weichen als harten Substanzen zu beobachten sind. Da die Härte der meisten zu messenden Minerale über 5 liegen dürfte, ist dieser Fehler weniger stark zu erwarten. Wir können also sagen, daß, sofern wir eine nicht zu weiche Substanz vorliegen haben, bei sorgfältiger Messung, die ersten beiden Dezimalen der Brechzahl in der Regel korrekt sein dürften.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die Bereitstellung von Sachmitteln zu dieser Arbeit.

Literatur

BEREK, M. (1937) in: RINNE, F. und BEREK, M.: Anleitung zu optischen Untersuchungen mit dem Polarisationsmikroskop, 2. Aufl. Stuttgart 1953.
DEMIRSOY, S. (1967): Die Entwicklung des Mikroskop-Photometers mit besonderer Berücksichtigung der Reflexionsmessungen. Zeiss Mitteilungen *4*, 6. H., 254—279.
FRIEDRICH, O. M. und HADITSCH, J. G. (1970): Ergebnisse von Reflexionsmessungen. Archiv f. Lagerstättenforschung in den Ostalpen *10*, 125—138.
LANDOLT-BÖRNSTEIN (1962): Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik, Technik. Bd. II, *8*. Teil.
MEIXNER, H. (1952): in SCHNEIDERHÖHN, H.: Erzmikroskopisches Praktikum, Stuttgart 1952, S. 131.
PILLER, H. und v. GEHLEN, K. (1964): On errors of reflectivity measurements and of calculations of refractive index n and absorption coefficient k. Am. Min. *49*, 867—882.
POHL, R. W. (1963): Optik und Atomphysik. Berlin-Göttingen-Heidelberg.
SCHUMANN, H. (1965): Spezielle Reflexionsmessungen an durchsichtigen Festkörpern. T.M.P.M. *10*, 73—96.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Sigmund KORITNIG
Min.-Petrol. Inst. d. Universität
V.-M.-Goldschmidt-Straße 1
D-34 Göttingen, BRD

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: SB_2

Autor(en)/Author(s): Koritnig Sigmund

Artikel/Article: Zur Bestimmung der Brechzahl nicht- oder schwach absorbierender Medien aus dem Reflexionsvermögen 153-159